

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-015524

(43)Date of publication of application : 18.01.2000

(51)Int.Cl.

B23H 7/16

B23H 1/02

(21)Application number : 10-183734

(71)Applicant : MAKINO MILLING MACH CO LTD

(22)Date of filing : 30.06.1998

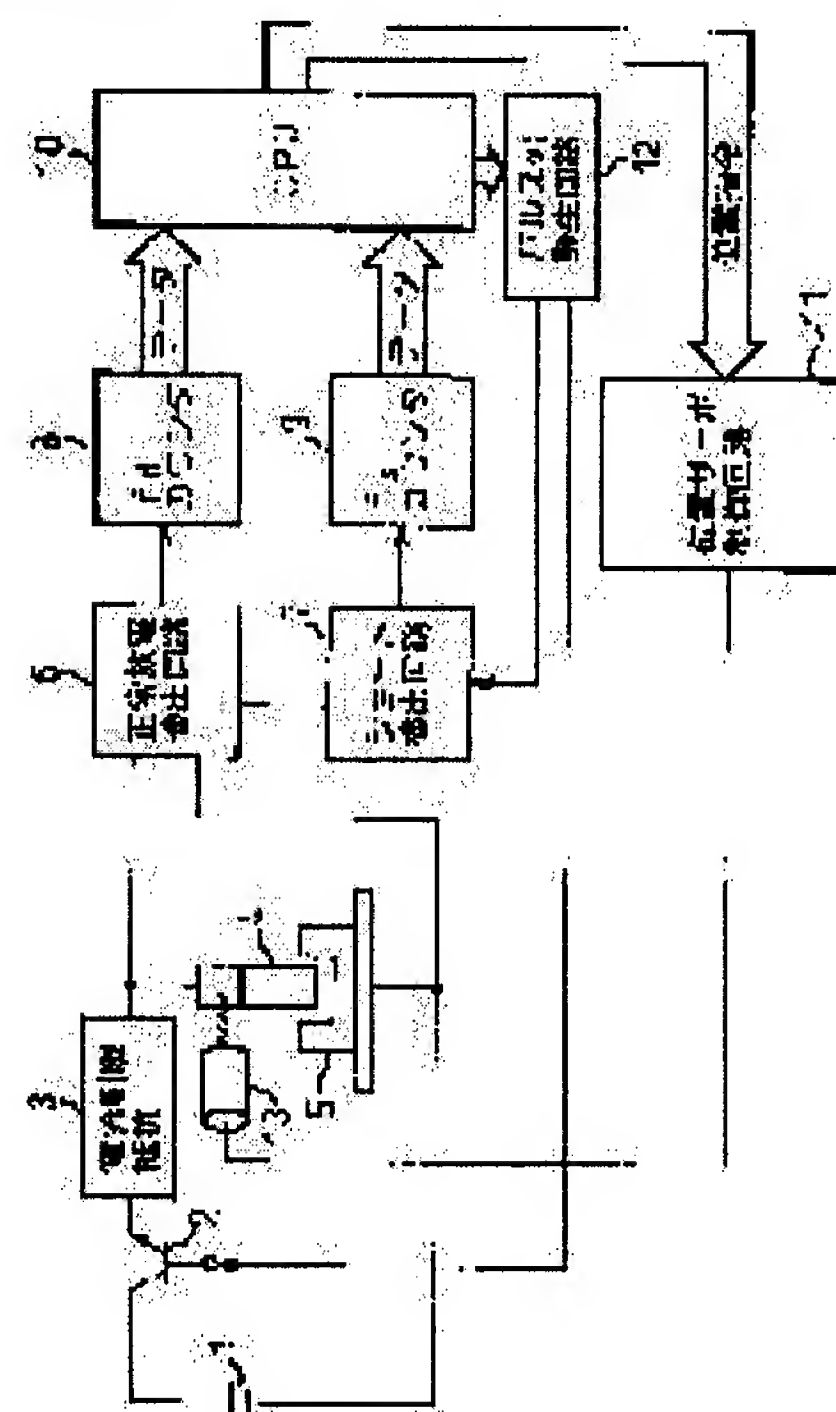
(72)Inventor : TAKADA SHIRO

## (54) CONTROL METHOD AND DEVICE OF ELECTRICAL DISCHARGE MACHINE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To allow to calculate the mean voltage between electrodes accurately, by detecting the analog voltage between electrodes.

**SOLUTION:** In a control method of an electrical discharge machine which machines by maintaining the mean voltage between an electrode 4 and a work 5 constant, while moving the electrode 4 and the work 5 relatively along a specified machining route, the discharge frequency  $f_4$  in a normal discharge time, and a short frequency  $f_s$  are detected, and a waiting time is calculated depending on both frequencies. On the other hand, the short condition between electrodes is decided, and when it is decided not to be in the short condition, a main voltage MV is applied between electrodes for a discharge ON time, and when it is decided to be the short condition, the main voltage MV is applied between electrodes for the short ON time, and the mean voltage between electrodes is calculated depending on the voltage MV 1 of the discharge time of the MV applied between electrodes at the discharge ON time; the discharge ON time; the voltage MV 2 in the short time of the MV applied between electrodes in the short ON time; the short ON time; and the waiting time; and a position servo control circuit 11 operates in order to make the means voltage between electrodes constant.



(19)日本国特許庁 (J P)      (12) 公 開 特 許 公 報 (A)      (11)特許出願公開番号  
特開2000-15524  
(P2000-15524A)  
(43)公開日 平成12年 1月18日 (2000.1.18)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>      識別記号      F I      テーグ(参考)  
B 2 3 H    7/16      B 2 3 H    7/16      3 C 0 5 9  
          1/02                            1/02                            E

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

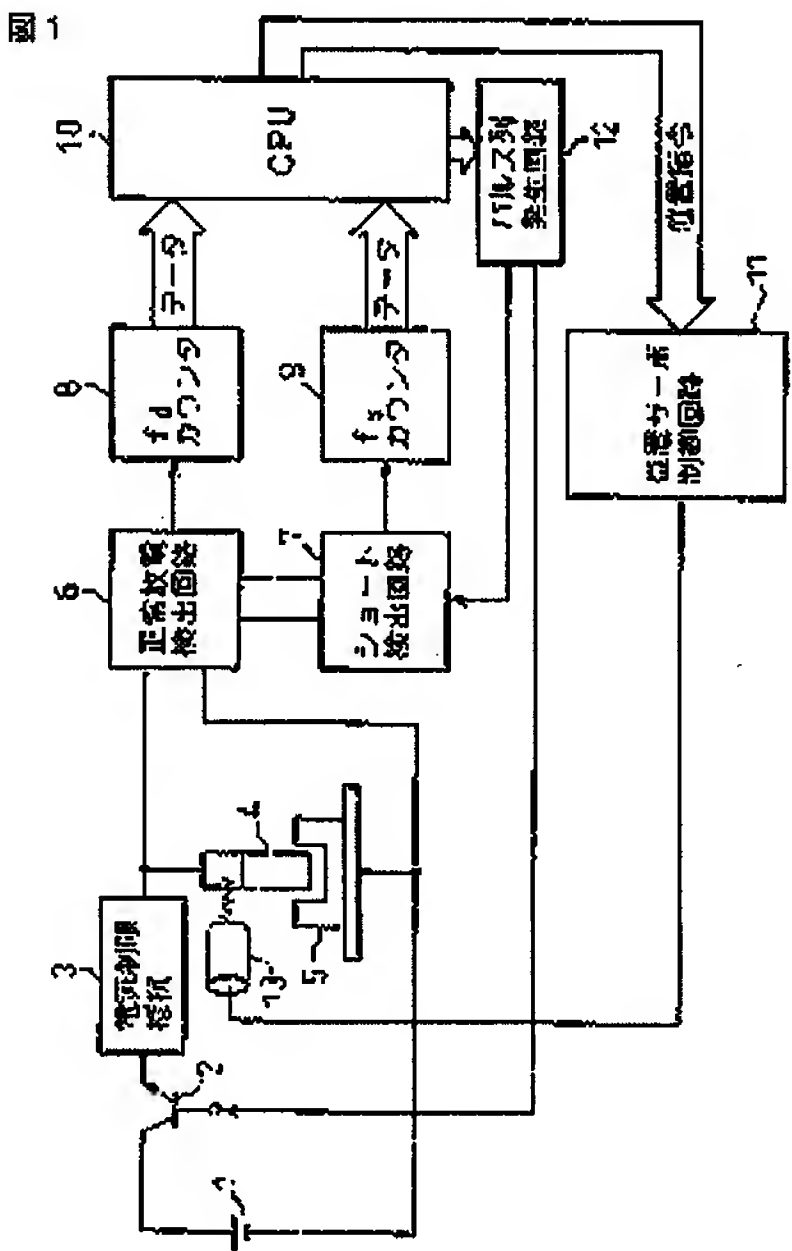
(21)出願番号	特願平10-183734	(71)出願人	000154990 株式会社牧野フライズ製作所 東京都目黒区中根2丁目3番19号
(22)出願日	平成10年 6 月30日 (1998. 6. 30)	(72)発明者	高田 士郎 神奈川県愛甲郡愛川町三増359番地の3 株式会社牧野フライズ製作所内
		(74)代理人	100077517 弁理士 石田 敬 (外4名) Fターム(参考) 3C059 AA01 AB01 AB05 CB02 CB04 CC01 CC03 CH01

(54)【発明の名称】 放電加工機の制御方法および装置

(57)【要約】

【課題】 極間のアナログ電圧を検出して極間平均電圧を正確に算出する。

【解決手段】 所定の加工経路に沿って電極4とワーク5とを相対移動させながら、電極4とワーク5との極間平均電圧を一定に維持しつつ加工する放電加工機の制御方法において、正常放電時の放電周波数 $f_1$ とショート周波数 $f_2$ とを検出し、これら周波数に基づいて待ち時間を算出し、一方、極間のショート状態を判定し、ショート状態でないと判定されたとき放電オン時間だけメイン電圧MVを極間に印加し、ショート状態であると判定されたときショートオン時間だけMVを極間に印加し、放電オン時間に極間に印加したMVの放電時の電圧MV1、放電オン時間、ショートオン時間に極間に印加したMVのショート時の電圧MV2、ショートオン時間および待ち時間に基づき極間平均電圧を算出し、この極間平均電圧を一定にするように位置サーボ制御回路11が働く。



(2)

特開2000-15524

1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電極とワークとの極間に電圧パルスを印加しワークを放電加工する放電加工機の制御方法において、

前記電極とワークとの極間が正常放電状態かショート状態かを判定し、

前記極間が正常放電状態のときには予め設定した第1通電時間（ONA）だけ、前記極間がショート状態のときには予め設定した第2通電時間（ONB）だけ前記極間にそれぞれ電圧を印加し、

所定時間における正常放電状態の放電回数（ $f_n$ ）とショート状態のショート回数（ $f_s$ ）とをそれぞれ検出し、

検出した放電回数（ $f_n$ ）およびショート回数

（ $f_s$ ）、並びに予め設定した放電休止時間（OFF）、前記第1、第2通電時間（ONA、ONB）等に基づき前記所定時間における放電待ち時間（TW）を演算し、

演算した放電待ち時間（TW）、前記検出した放電回数（ $f_n$ ）およびショート回数（ $f_s$ ）、並びに予め設定したサーチ電圧（SV）等に基づき前記電極とワークとの極間平均電圧（ $V_m$ ）を演算して数値化し、

前記演算した極間平均電圧（ $V_m$ ）が一定の値になるように前記電極とワークとの相対送りを制御することを特徴とした放電加工機の制御方法。

【請求項2】 電極とワークとの極間に電圧パルスを印加しワークを放電加工する放電加工機の制御装置において、

前記電極とワークとの極間が正常放電状態かショート状態かを判定する極間状態判定手段と、

前記極間が正常放電状態のときには予め設定した第1通電時間（ONA）だけ、前記極間がショート状態のときには予め設定した第2通電時間（ONB）だけ前記極間に電圧を印加するパルス発生回路と、

所定時間における正常放電状態の放電回数（ $f_n$ ）とショート状態のショート回数（ $f_s$ ）とをそれぞれ検出する検出手段と、

前記第1通電時間（ONA）および第2通電時間（ONB）、並びに放電休止時間（OFF）、サーチ電圧（SV）等の予め設定した加工条件を記憶する記憶手段と、前記検出手段で検出した放電回数（ $f_n$ ）およびショート回数（ $f_s$ ）と前記記憶手段に記憶した加工条件とに基づき前記所定時間における放電待ち時間（TW）を算出するとともに、算出した放電待ち時間（TW）および前記加工条件に基づき極間平均電圧（ $V_m$ ）を演算して数値化する演算手段と、

前記演算した極間平均電圧（ $V_m$ ）が一定の値になるように前記電極とワークとの相対送りを制御するサーボ制御手段と、

を具備することを特徴とした放電加工機の制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は放電加工機の制御方法および装置に関し、特に、極間平均電圧方式による放電加工機の制御方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】放電加工機の制御方式は、一般的に極間平均電圧制御と待ち時間制御の2つの方式に大別される。何れの方式も、電極とワークとの極間に、予め設定した通電時間、休止時間にしたがって間欠的にパルス電圧を印加し、極間に発生する放電によりワークを加工するものであるが、これらの方式は次の点で異なる。すなわち、極間平均電圧制御方式は、電極とワークとの極間平均電圧を一定に維持するように極間にパルス電圧を印加するとともに、電極とワークとの間のギャップを一定に維持するように電極とワークとを相対移動する送り軸を制御する。

【0003】一方、待ち時間制御方式は、電極とワークとの極間にパルス電圧を印加してから放電開始するまでの待ち時間を、例えばクロックパルス等を用いて直接計数して求め、求めた待ち時間に基づいて、例えば待ち時間を一定に維持するように電極とワークとを相対移動する送り軸を制御する。従来技術による極間平均電圧制御方式では、極間の電圧は、例えばOPアンプからなるアナログ回路を用いて検出されている。極間とアナログ回路との間のケーブル長は、通常放電加工機の機種に応じて異なるので、特に印加するパルス電圧が高周波のとき、このケーブル長に起因してアナログ回路入力端の浮遊容量が異なることから図4に示すように極間電圧の検出波形が変化し、極間平均電圧を正確に検出できず、その結果加工精度が悪化するという問題が生じる。

【0004】特開平7-246518号公報には、待ち時間制御方式による放電加工機の制御方法および装置が開示されている。この制御方法および装置は、放電周波数が変動しても加工中のショートを考慮して待ち時間

（本公報の無負荷時間に相当）を正確に検出し、加工精度の向上を図るものであり、正常放電周波数とショート周波数とを検出し、これら周波数、正常放電時の通電時間と休止時間、ショート判定時間、ショート時の通電時間と休止時間に基づいて、待ち時間を算出し、算出した待ち時間に応じて電極とワークとを相対移動する送り軸を制御し、加工間隙を一定に制御するものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、ワイヤ放電加工機において、ワイヤ断線を回避すべく加工条件としての休止時間を大きく設定したい場合がある。休止時間を変更した場合、極間電圧制御方式と待ち時間制御方式とでは放電ギャップの変化に差があることが実験結果から判った。

【0006】図5は休止時間を変更した場合の放電ギャ

(3)

特開2000-15524

3

4

ップの変化を示す図である。図5に示すように、極間電圧制御方式では、休止時間を大きく設定すると、加工速度、すなわち送り速度は大きく低下し、放電パルス数も送り速度の低下に伴い減少するので、この放電パルス数の減少分だけ放電ギャップは狭くなる。しかし、送り速度が大きく低下することにより、放電ギャップは逆に広くなる。これらが相殺されて放電ギャップの変化は少なく、加工に悪影響を及ぼすことはない。一方、上記特開平7-246518号公報に開示のような待ち時間制御方式では、休止時間を大きく設定すると、極間平均電圧制御方式と比して送り速度は大きく低下しない。しかし、放電パルス数の減少分だけ放電ギャップは狭くなり、加工に悪影響を及ぼすという問題が生じる。

【0007】それゆえ、本発明は上記問題を解決し、極間の電圧をアナログ信号でなくデジタル信号として捕らえ、このデジタル検出信号から極間平均電圧を正確に算出し、休止時間を変化させても、放電ギャップの変化が少なく、加工精度の良好な極間電圧制御方式による放電加工機の制御方法および装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記問題を解決する本発明による放電加工機の制御方法は、電極とワークとの極間に電圧パルスを印加しワークを放電加工する放電加工機の制御方法において、前記電極とワークとの極間が正常放電状態かショート状態かを判定し、前記極間が正常放電状態のときには予め設定した第1通電時間(ON A)だけ、前記極間がショート状態のときには予め設定した第2通電時間(ON B)だけ前記極間にそれぞれ電圧を印加し、所定時間における正常放電状態の放電回数( $f_n$ )とショート状態のショート回数( $f_s$ )とをそれぞれ検出し、検出した放電回数( $f_n$ )およびショート回数( $f_s$ )、並びに予め設定した放電休止時間(OFF)、前記第1、第2通電時間(ON A, ON B)等に基づき前記所定時間における放電待ち時間(TW)を演算し、演算した放電待ち時間(TW)、前記検出した放電回数( $f_n$ )およびショート回数( $f_s$ )、並びに予め設定したサーチ電圧(SV)等に基づき前記電極とワークとの極間平均電圧( $V_{av}$ )を演算して数値化し、前記演算した極間平均電圧( $V_{av}$ )が一定の値になるように前記電極とワークとの相対送りを制御することを特徴とする。

【0009】上記問題を解決する本発明による放電加工機の制御装置は、電極とワークとの極間に電圧パルスを印加しワークを放電加工する放電加工機の制御装置において、前記電極とワークとの極間が正常放電状態かショート状態かを判定する極間状態判定手段と、前記極間が正常放電状態のときには予め設定した第1通電時間(ON A)だけ、前記極間がショート状態のときには予め設

定した第2通電時間(ON B)だけ前記極間に電圧を印加するパルス発生回路と、所定時間における正常放電状態の放電回数( $f_n$ )とショート状態のショート回数( $f_s$ )とをそれぞれ検出する検出手段と、前記第1通電時間(ON A)および第2通電時間(ON B)、並びに放電休止時間(OFF)、サーチ電圧(SV)等の予め設定した加工条件を記憶する記憶手段と、前記検出手段で検出した放電回数( $f_n$ )およびショート回数( $f_s$ )と前記記憶手段に記憶した加工条件とに基づき前記所定時間における放電待ち時間(TW)を算出するとともに、算出した放電待ち時間(TW)および前記加工条件に基づき極間平均電圧( $V_{av}$ )を演算して数値化する演算手段と、前記演算した極間平均電圧( $V_{av}$ )が一定の値になるように前記電極とワークとの相対送りを制御するサーボ制御手段と、を具備することを特徴とする。

【0010】本発明による放電加工機の制御方法および装置は、上記構成により、極間の電圧をアナログ信号でなくデジタル信号として捕らえ、このデジタル検出信号から極間平均電圧を正確に算出するので、休止時間を変化させても、放電ギャップの変化が少なく、加工精度が向上する。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照しつつ本発明の実施の形態について詳細に説明する。図1は本発明による形彫放電加工機の制御装置の一実施形態を示すブロック構成図である。図1において、放電加工用のメイン電源1の正出力は、トランジスタ2によりスイッチングされ、電流制限抵抗3を通して形彫電極4に接続され、メイン電源1の負出力はワーク5に接続されている。正常放電検出回路6およびショート検出回路7は、形彫電極4とワーク5との間に印加される電圧を検出し、正常な放電が行われたときは、正常放電検出回路6から正常放電パルスが出力され、正常放電が行われずショートの場合はショート検出回路7からショートパルスが出力される。

【0012】 $f_n$  カウンタ8および $f_s$  カウンタ9は、それぞれ所定時間における正常放電パルス、ショートパルスを計数して正常放電周波数 $f_n$  (Hz)、ショート周波数 $f_s$  (Hz)をそれぞれ求め、CPU10が処理できる $f_n$  データおよび $f_s$  データに変換してCPU10に出力する。なお、図1に示す実施の形態では、 $f_n$  カウンタ8および $f_s$  カウンタ9によって正常放電周波数 $f_n$  (Hz)、ショート周波数 $f_s$  (Hz)を求めているが、本発明は、カウンタは計数のみを行い、CPU10により、そのカウンタの計数値を所定のサンプリング周期毎に読み込み、読み込んだ計数値とサンプリング周期とに基づいて、正常放電周波数 $f_n$  (Hz)、ショート周波数 $f_s$  (Hz)をそれぞれ算出する構成としてもよい。

【0013】CPU10は、複数のCPUおよびROM

(4)

特開2000-15524

5

6

やRAMのメモリ等からなる制御回路であって、後述するように、 $f_s$  データ、 $f_s$  データおよびその他のデータに基づいて諸演算を実行し、形彫電極4とワーク5のギャップ長を制御するための位置指令を数値制御装置などの位置サーボ制御回路11に出力する。パルス列発生回路12は、CPU10からの指令に基づき、後述するメイン電圧MVやサーチ電圧SVを形彫電極4とワーク5との極間に印加するように、トランジスタ2にスイッチング制御信号を出力する。位置サーボ制御回路11の出力は、モータ13に接続され、モータ13は形彫電極4と機械的に接続され、モータ13の駆動により形彫電極4とワーク5とを相対移動させる。

【0014】図2は正常放電時およびショート時の極間への印加電圧と極間電圧の波形を示す図である。図2において、横軸は時間を縦軸は上段が印加電圧 $V_{ap}$ 、下段が極間電圧 $V_q$ を示す。時刻 $t_0$ に、電源1から形彫電極4とワーク5との間にサブ電源としてのサーチパルス電圧SVが印加されると、形彫電極4とワーク5との間に放電が誘発され、待ち時間TW経過後の時刻 $t_1$ にメイン電源としてのメインパルス電圧MVが印加され極間に放電が開始する。メインパルス電圧MVを印加する時刻 $t_1$ から $t_2$ までの放電オン時間ONAには放電電流が流れワーク5が加工される。次いで、休止時間OFF経過後の時刻 $t_{10}$ には再びサーチパルス電圧SVが印加され、以降時刻 $t_{11}$ 、 $t_{12}$ および時刻 $t_{20}$ 、 $t_{21}$ 、 $t_{22}$ ...でも同様なパルス電圧の供給が行われる。

【0015】ところで、極間にサーチパルス電圧SVを印加した後、形彫電極4とワーク5との間はショートした状態のときがある。この極間がショート状態であるか否かを検出するため、前述した正常放電検出回路6およびショート検出回路7は、次のような処理を行う。すなわち、ショート判定時間TS中に極間に印加した電圧を検出し、検出した電圧を図2の下段において破線で示す所定の閾値と比較してその判定を行う。すなわち、検出した極間電圧が、所定の閾値より大きいときは極間はショート状態でないと判定し、検出した極間電圧が、所定の閾値に等しいかまたは小さいときは極間はショート状態であると判定する。この極間印加電圧の検出値はアナログ回路入力端の浮遊容量に影響されない安定した電圧を読み取り、その読み取り値と閾値とを比較する。

【0016】上記判定結果から、極間がショート状態でないとは判定されたとき、予め加工条件に応じて設定されたRAMメモリに記憶された放電オン時間ONA( $t_1 \sim t_2$ 、 $t_{11} \sim t_{12}$ )だけメインパルス電圧MVを極間に印加する。一方、上記判定結果から、極間がショート状態であると判定されたとき、予め加工条件に応じて設定されたRAMメモリに記憶されたショートオン時間ONB( $t_{21} \sim t_{22}$ )だけメインパルス電圧MVを極間に印加する。

【0017】放電オン時間ONAに極間に印加するメイ

ン電圧MVの放電時の第1出力電圧MV1およびショートオン時間ONBに極間に印加するメイン電圧MVのショート時の第2出力電圧MV2は、実験データに基づき決定され、予めRAMメモリに記憶しておき、極間平均電圧 $V_{av}$ を算出する際に使用する。図3は極間平均電圧を算出するルーチンのフローチャートである。本ルーチンは所定の周期、例えば100ms毎に実行される。先ず、ステップ301では、放電パルス周波数 $f_s$ とショートパルス周波数 $f_s$ を読み込む。ステップ302では、放電オン時間ONA、ショートオン時間ONB、休止時間OFFおよびショート判定時間TSを読み込む。

【0018】ステップ303では、ステップ301、302で読込んだ各データを用いて、所定時間における放電待ち時間TWを下式から算出する。

$$TW = \{ (1 - f_s) \times (TS + ONB + OFF) / f_s \} - (ONA + OFF)$$

ステップ304では、前述したように、予めRAMに記憶した第1出力電圧MV1、第2出力電圧MV2およびサーチ電圧SVを読み込む。

【0019】ステップ305では、ステップ301、302および304で読込んだ各データおよびステップ303で算出した放電待ち時間TWを用いて、極間平均電圧 $V_{av}$ を次式から算出する。

$$V_{av} = f_s \times (ONA \times MV1 + TW \times SV) + f_s \times ONB \times MV2$$

この算出した極間平均電圧 $V_{av}$ を一定の値に維持すべく位置サーボ制御回路11がモータ13を制御する。

【0020】以上説明した実施の形態では、形彫放電加工機を例として説明したが、本発明はこれに限定されるものでなく、ワイヤ放電加工機にも適用できる。

【0021】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の放電加工機の制御方法および装置によれば、先ず、放電周波数とショート周波数、正常放電時の通電時間と休止時間、ショート判定時間およびショート時の通電時間と休止時間に基づいて、待ち時間を算出しておき、次いで、極間の電圧をアナログ信号として検出するが、この検出信号が安定したときの電圧と閾値とを比較することによりアナログ信号をデジタル信号として拾らえて極間のショート状態を判定し、この判定結果にしたがって、極間はショート状態でないとは判定されたときには、予め設定された放電オン時間だけメイン電圧を極間に印加し、極間はショート状態であると判定されたときには、予め設定されたショートオン時間だけメイン電圧を極間に印加し、最後に、メイン電圧の放電時の第1出力電圧、放電オン時間、メイン電圧のショート時の第2出力電圧、ショートオン時間および前記算出した待ち時間から、極間平均電圧を正確に算出するので、休止時間を変化させても、放電ギャップの変化が少なく、加工精度を向上させることができる。また図4に示した極間電圧の検出波形

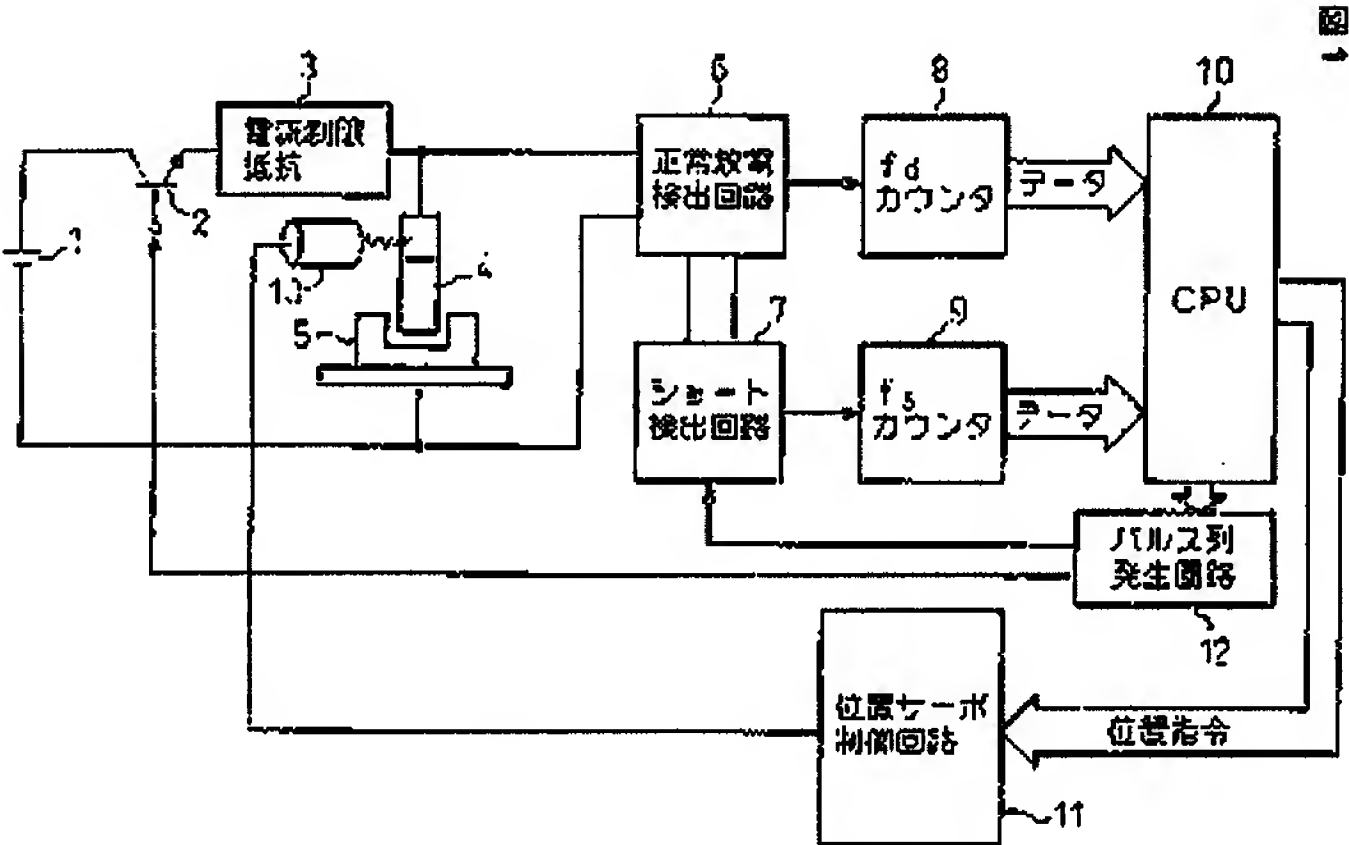
(5) 特開2000-15524  
8

7  
の変化による極間平均電圧のバラツキの問題も解決できる。  
【図面の簡単な説明】  
【図1】本発明による形彫放電加工機の制御装置の一実施形態を示すブロック構成図である。  
【図2】正常放電時およびショート時の極間への印加電圧と極間電圧の波形を示す図である。  
【図3】極間平均電圧を算出するルーチンのフローチャートである。  
【図4】極間電圧のアナログ信号による検出波形を示す図である。  
【図5】休止時間を変更した場合の放電ギャップの変化を示す図である。  
【符号の説明】

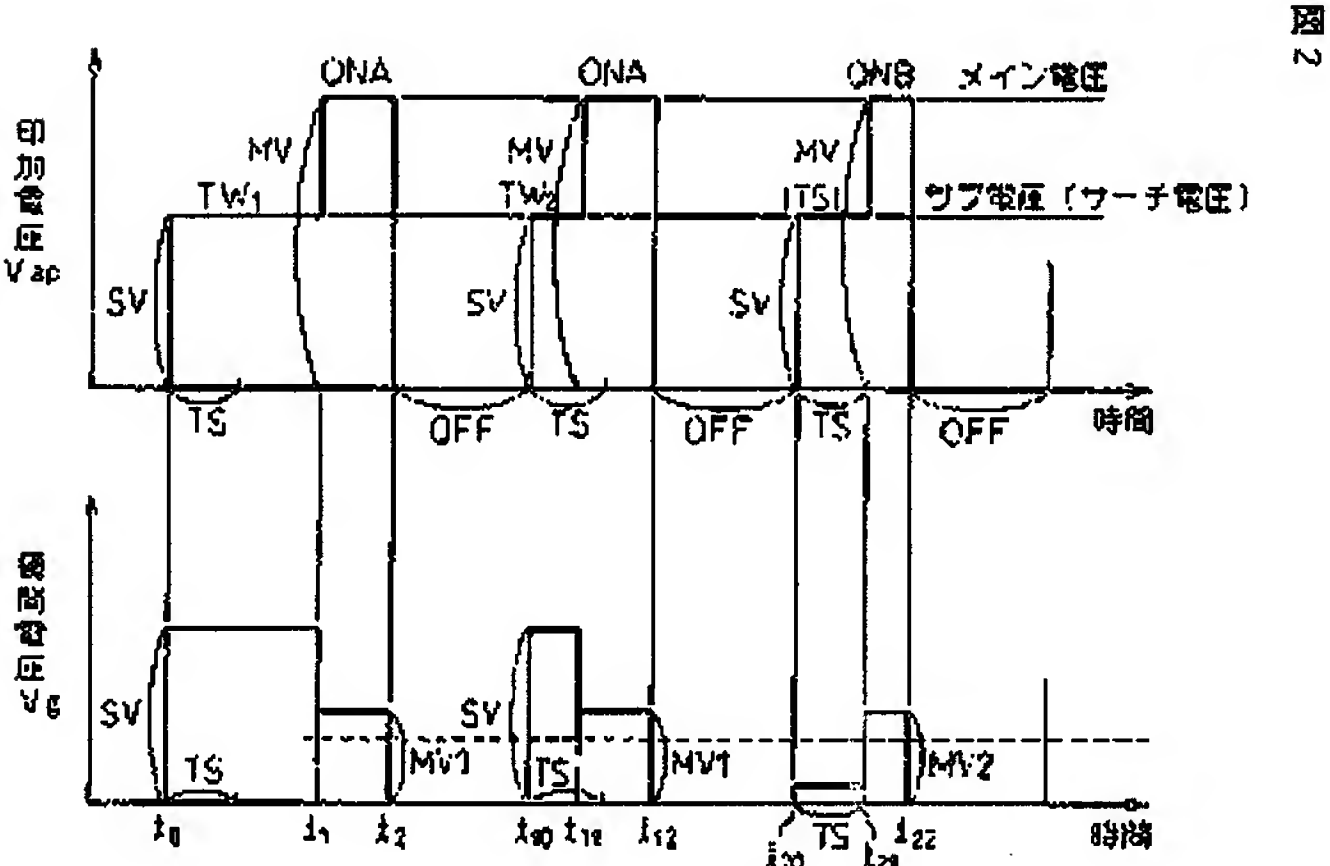
- \* 1…メイン電源  
2…トランジスタ  
3…電流制限抵抗  
4…電極  
5…ワーク  
6…正常放電検出回路  
7…ショート検出回路  
8…f<sub>d</sub>カウンタ  
9…f<sub>s</sub>カウンタ  
10…CPU  
11…位置サーボ制御  
12…パルス列発生回路  
13…モータ

\*

【図1】



【図2】

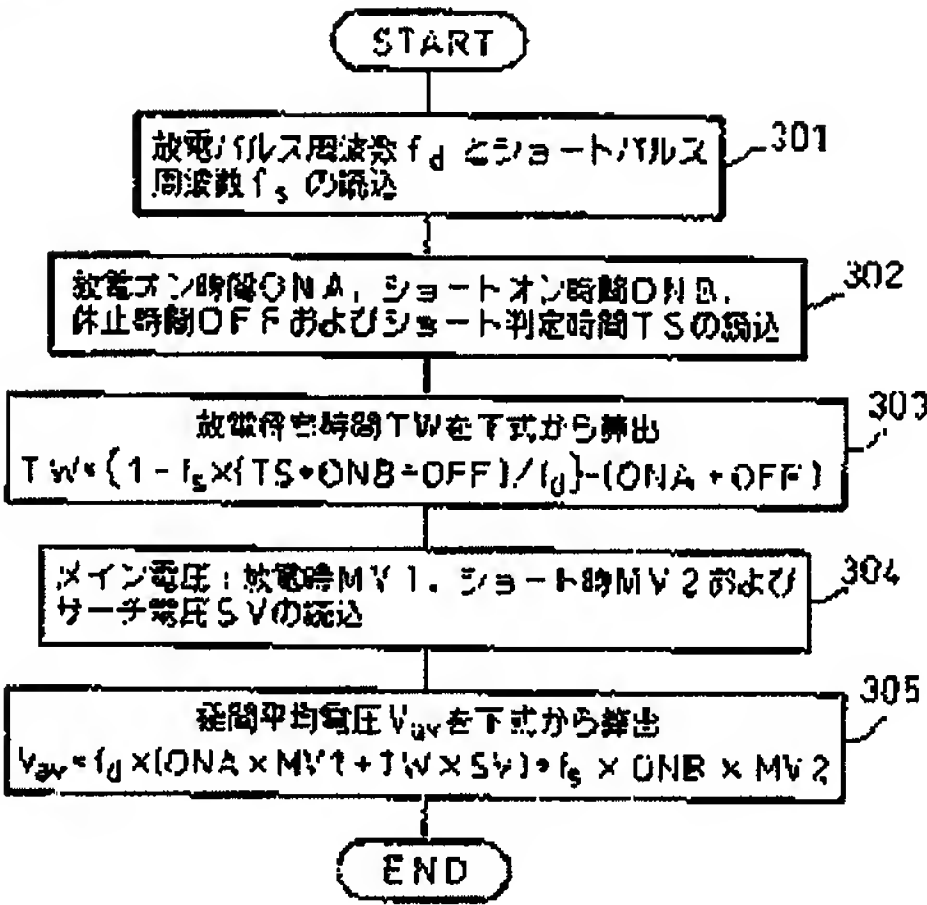


(5)

特開2000-15524

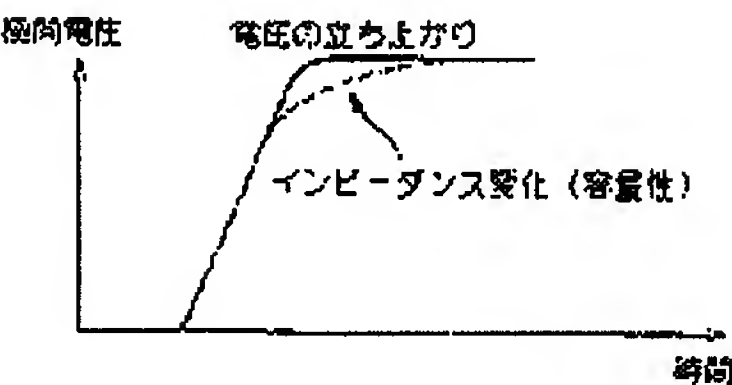
【図3】

図 3



【図4】

図 4



【図5】

図 5

